

зуба по передней грани двигатель 6 не вращается и пила неподвижна. При достижении шлифовального круга 24 межзубовой впадины двигатель 6 начинает перемещение пилы, а двигатель 10 начинает вращение в обратную сторону. Шлифовальный круг 24 движется по траектории задней грани зуба пилы. Регулировка величины переднего угла заточки зуба пилы осуществляется поворотом суппорта 13, маховичком 11 через винтовую передачу 12. Согласованная работа шаговых электродвигателей 6 и 10 обеспечивает заточку зубьев пилы различной формы разными угловыми параметрами, различным шагом и на разную глубину врезания.

Таким образом, использование станка данной конструкции позволяет уменьшить габаритные размеры станка, а следовательно, и экономит производственные площади. Станок имеет возможность выполнения двух операций при подготовке ленточной пилы – вальцевание полотна и профильную заточку зубьев, возможность заточки зубьев различного профиля.

УДК 674.05

С.В. Щепочкин, Ф.Д. Анисимов

(S.V. Shchepochkin, F.D. Anisimov)

(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: art-sit@yandex.ru

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ПИЛЕНИИ КРУГЛЫМИ ПИЛАМИ

METHOD OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF HEAT PROCESSES IN CUTTING CIRCULAR SAWS

В статье рассматривается методика экспериментального исследования составляющих расходной части уравнения теплового баланса при резании древесины круглыми пилами. Экспериментально определена расходная часть теплоты, отводимая стружкой и заготовкой.

The article considers the methods of experimental research components of the expenditure side of the equation of thermal balance when cutting wood circular saws. We experimentally determined the expenditure part of the heat removed by the chip and the workpiece.

Теплота, выделяющаяся в зоне резания при пилении древесины и древесных материалов, является эквивалентом мощности на резание. При пилении круглыми пилами часть этой теплоты поступает в инструмент, часть – в стружку, обрабатываемую заготовку и в окружающую среду. Теплота, поступающая в инструмент, обуславливает его нагрев до высоких температур, в некоторых случаях превышающих предел теплостойкости инструментального материала. В связи с этим нагрев режущей части определяет режимы пиления по теплостойкости инструментального материала. Температура на окружности межзубовой впадины диска пилы является ограничивающим критерием при определении режимов пиления по динамической устойчивости пилы.

На данный момент нет единого мнения по интенсивности отводимых тепловых потоков. Численные значения доли каждого из составляющих теплового баланса, по разным данным [1–5], различаются в несколько раз. Однако практически все исследователи пренебрегают теплотой, отводимой из зоны резания стружкой и заготовкой, из-за низкой теплопроводности древесины. Многие тепловые процессы при пилении еще не изучены экспериментально и требуют к себе внимания и последующего изучения (с целью повышения работоспособности режущего инструмента, уменьшения отходов древесного сырья в опилки и снижения энергозатрат на производство пиломатериалов). На базе современных технологий и оборудования деревообработки в УГЛТУ разработана и собрана установка на базе универсального станка ВЗ-818 для экспериментального исследования составляющих расходной части теплового баланса при пилении древесины круглыми пилами. Схема установки представлена на рисунке 1.

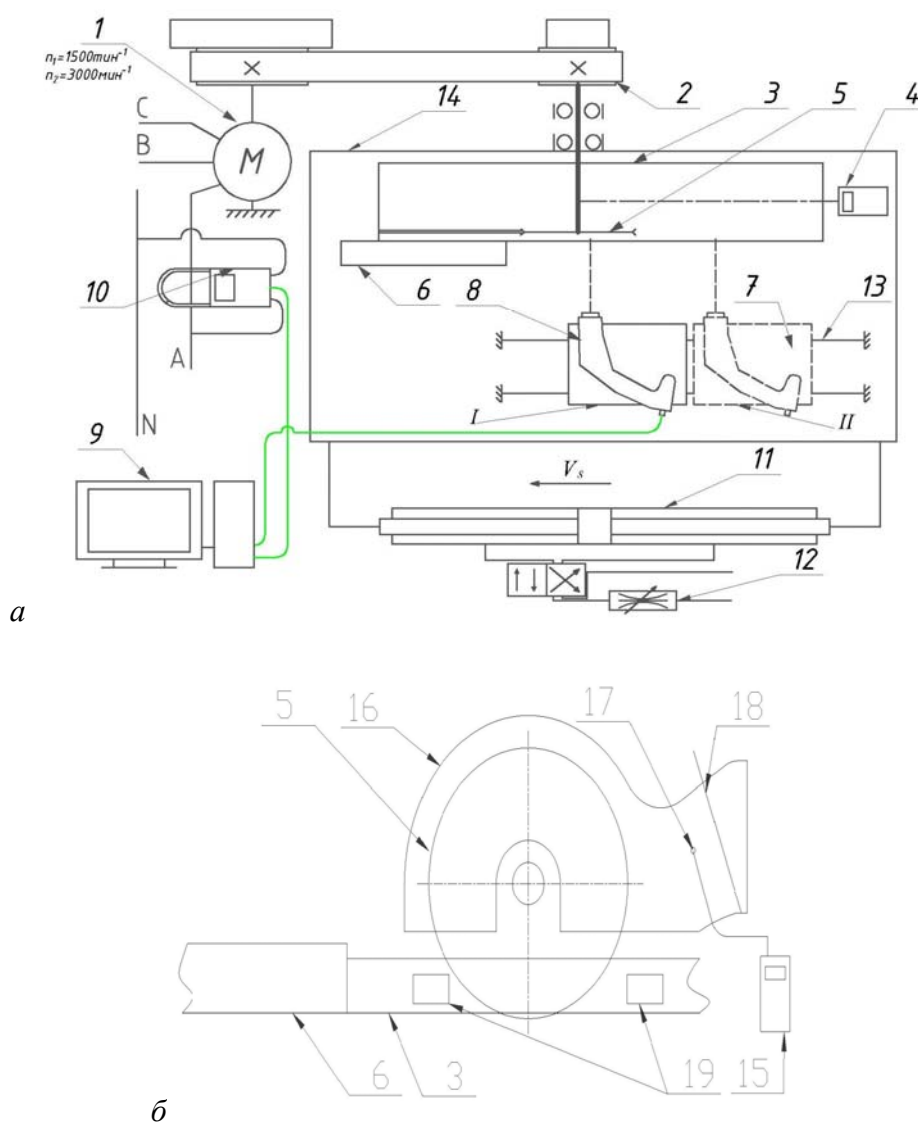


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки для исследования тепловых явлений: а – вид сверху; б – главный вид

Для определения количества теплоты, отводимой заготовкой, её доли в тепловом балансе на шпинделе станка установлена круглая пила 5 требуемого типоразмера, которая приводится во вращение от двухскоростного электродвигателя 1 через поликлиновую ременную передачу 2. Шкивы ременной передачи выполнены двухступенчатыми. Таким образом, на станке возможно четыре значения частоты вращения пилы, которая регистрируется бесконтактным тахометром 4 модели АТ-6. На столе станка 14 закрепляется распиливаемая заготовка 3, базируемая относительно пилы при помощи линейки 6. На заготовке предварительно фрезеруются пазы 19 различной глубины (рис. 1, б). Движение подачи осуществляется перемещением стола станка 14 относительно пилы 5. Стол 14 приводится в движение от гидроцилиндра 11, а скорость подачи V_s регулируется дросселем 12. В процессе пиления измеряется мощность, потребляемая электродвигателем 1. Для этого используются токовые ваттметр-клещи 10, модели АТК-2104.

Температура обрабатываемой заготовки измеряется бесконтактным инфракрасным пирометром 8 модели Mikron M120 в двух точках во время пиления. Во время эксперимента пирометр 8 относительно заготовки неподвижен и перемещается относительно пилы вместе с заготовкой. Температура t_0 на поверхности резания обрабатываемой заготовки определяется расчетом (рис. 2).

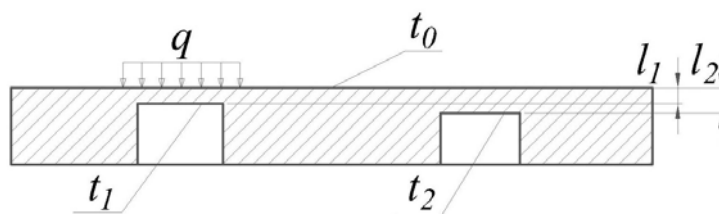


Рис. 2. Схема для определения температуры на поверхности резания обрабатываемой заготовки

Для этого в ходе эксперимента необходимо измерить температуры поверхностей t_1 и t_2 на разных расстояниях от плоскости резания l_1 и l_2 соответственно. Пирометр 8 закреплен на ползуне 7 (см. рис. 1, а) и перемещается по направляющим 13 из положения I в положение II. Перемещение пирометра относительно заготовки происходит из положения I в положение II со скоростью значительно выше чем скорость подачи V_s , при этом происходит опережение пилы в процессе пиления.

Персональный компьютер 9 предназначен для регистрации значений электрической мощности двигателя 1 и температуры заготовки, измеренной пирометром 8. Подключение пирометра к компьютеру, настройка его излучательной способности аналогична методике, приведенной в работе [6].

Для определения количества теплоты, отводимой стружкой из зоны резания, её доли в тепловом балансе, измеряется температура стружки. Для этого в конструкции ограждения-стружкоприемника 16 (см. рис. 1, б) через отверстие 17 устанавливается хромель-алюмелевая термопара, которая подключена к электронному измерителю температуры 15 Center 308. Измерение температуры стружки происходит при закрытой заслонке 18 и при отключенной аспирационной системе. Общий вид собранной экспериментальной установки представлен на рисунке 3.

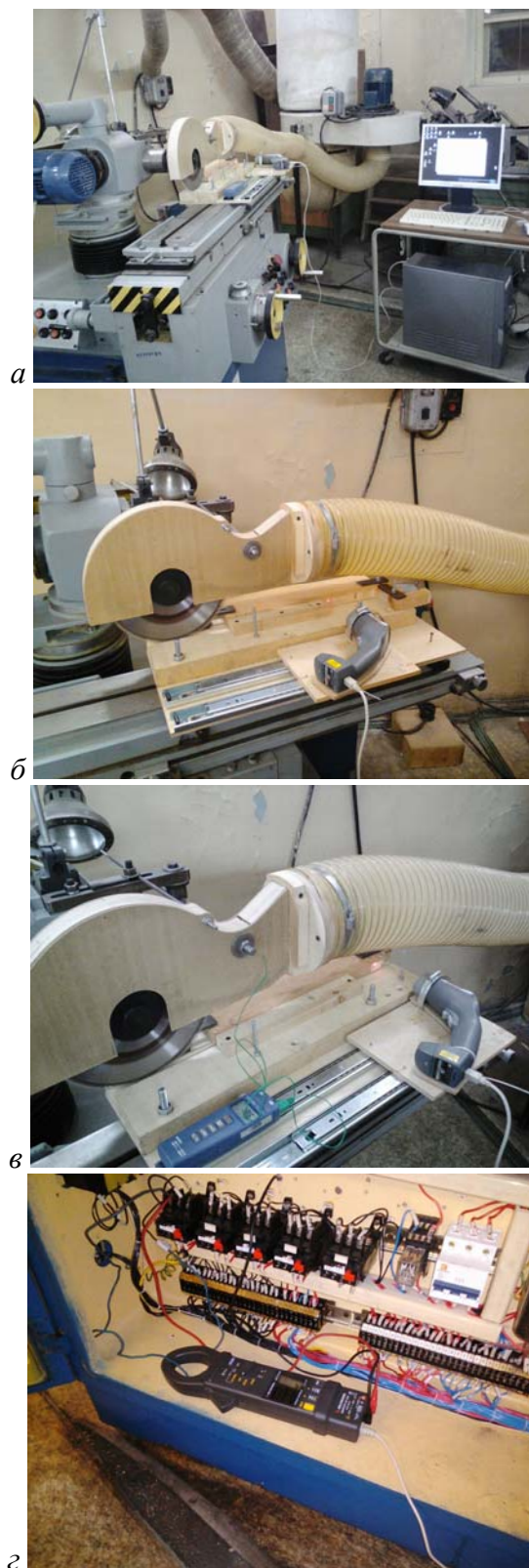


Рис. 3. Экспериментальная установка на базе универсального станка ВЗ-818:
а – общий вид;
б – измерение температуры заготовки бесконтактным пирометром Mikron M120;
в – измерение температуры стружки электронным измерителем Center 308;
г – измерение мощности

Определение температуры t_0 на поверхности резания обрабатываемой заготовки осуществляется расчетом. Уравнение Фурье (основной закон теплопроводности) в общем виде для плоской однослойной стенки имеет вид:

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t, \quad (1)$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м²;

λ – теплопроводность материала стенки, Вт/(м °С);

δ – толщина стенки, м;

Δt – температурный перепад, °С.

Для нашего случая уравнение (1) для участка толщиной l_1 и участка толщиной l_2 соответственно примет вид:

$$q = \frac{\lambda}{l_1} (t_0 - t_1), \quad q = \frac{\lambda}{l_2} (t_0 - t_2). \quad (2)$$

Тепловой поток, поступающий в заготовку, считаем постоянным, поэтому из равенств (2) получим значение температуры на обрабатываемой поверхности заготовки

$$t_0 = t_1 + \frac{l_1(t_1 - t_2)}{l_2 - l_1}. \quad (3)$$

График записи температуры обрабатываемой заготовки, полученной от пирометра (рис. 4), характеризуется следующими участками: 1 – температура заготовки, равная температуре окружающей среды $t_{\text{окр}} = 21$ °С (круглая пила находится на отдаленном расстоянии от пирометра). На участке 2 пила проходит напротив пирометра (см. рис. 1, а), температура $t_1 = 153,7$ °С на расстоянии l_1 от поверхности резания. На участке 3 пила снова проходит напротив пирометра, но температура измеряется на расстоянии l_2 от поверхности резания и равна $t_2 = 109,4$ °С.

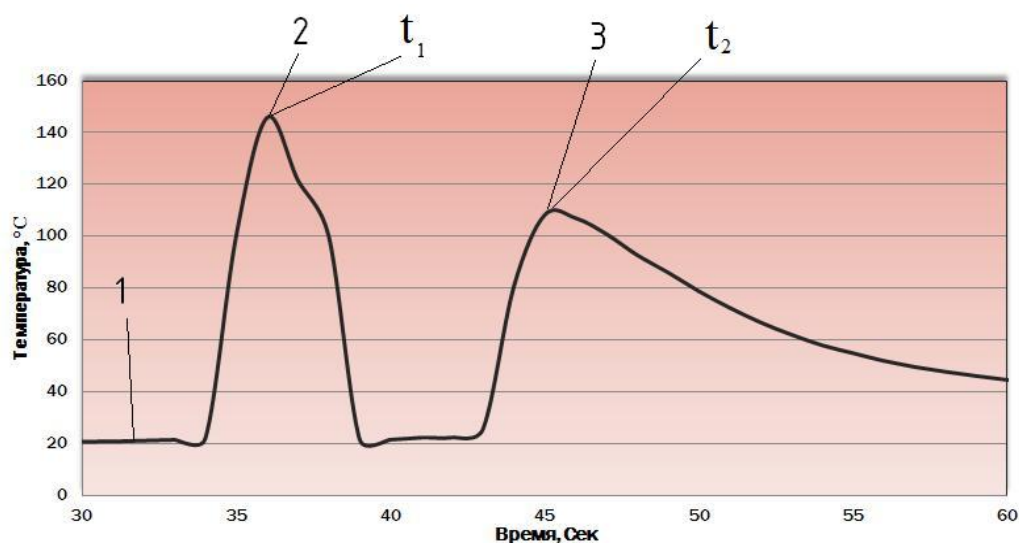


Рис. 4. График записи температуры заготовки

После проведения опыта, измеряются микрометром толщины полученных стенок l_1 и l_2 на обработанной заготовке. Толщина первой стенки составила $l_1 = 0,4$ мм, а толщина второй стенки $l_2 = 0,87$ мм.

Температуры на обрабатываемой поверхности заготовки по формуле (3), °C:

$$t_0 = t_1 + \frac{l_1(t_1 - t_2)}{l_2 - l_1} = 153,7 + \frac{0,4(153,7 - 109,4)}{0,87 - 0,4} = 191,4.$$

Количество теплоты, отводимой заготовкой $Q_{\text{заг}}$, определяется по формуле:

$$Q_{\text{заг}} = 2C_p \rho V_{\text{нагр}} \Delta t_{\text{заг}}, \quad (4)$$

где 2 – количество деталей, в которые поступает тепло;

C_p – теплоёмкость древесины;

ρ – плотность древесины сосны, $\rho = 480$ кг/м³;

$V_{\text{нагр}}$ – секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки, м³/с;

$\Delta t_{\text{заг}}$ – нагрев поверхностных слоев заготовки, °C.

Влажность древесины измеряется влагомером HYDRO CONDROL и составляет $W = 6$ %. Теплоёмкость сухой древесины сосны $C_p = 2$ кДж/(кг °C) [7].

Секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки $V_{\text{нагр}}$ определяется по формуле:

$$V_{\text{нагр}} = \frac{V_s l h}{60}, \quad (5)$$

где V_s – скорость подачи, м/мин;

l – глубина термического влияния, м;

h – толщина заготовки, м.

Так как распределение температуры для плоской однослойной стенки имеет вид прямой линии, то глубина термического влияния l определяется по формуле (6), а нагрев поверхностных слоев заготовки $\Delta t_{\text{заг}}$ можно рассчитать по формуле (7).

$$l = \frac{t_0 - t_{\text{окр}}}{\Delta t_l} = \frac{(t_0 - t_{\text{окр}})(l_2 - l_1)}{t_1 - t_2} \quad (6)$$

где Δt_l – величина падения температуры на 1 мм глубины заготовки, °C.

$$\Delta t_{\text{заг}} = \frac{t_0 - t_{\text{окр}}}{2} = \frac{191,4 - 21}{2} = 85,2 \quad (7)$$

По результатам пробного эксперимента глубина термического влияния составит, мм:

$$l = \frac{(191,4 - 21)(0,87 - 0,4)}{153,7 - 109,4} = 1,81.$$

По результатам пробного эксперимента при скорости подачи $V_s = 0,8$ м/мин и толщине заготовки $h = 23$ мм мощность на резание составит $N_{\text{рез}} = 0,48$ кВт. Секундный объём нагреваемой древесины одной заготовки $V_{\text{нагр}}$ считаем по формуле (5), м³/с:

$$V_{\text{нагр}} = \frac{V_s l h}{60} = \frac{0,8 \cdot 1,81 \cdot 10^{-3} \cdot 0,023}{60} = 5,55 \cdot 10^{-7}.$$

Количество теплоты, отводимой заготовкой по формуле (4), кДж/с:

$$Q_{\text{заг}} = 2 \cdot 2 \cdot 480 \cdot 5,55 \cdot 10^{-7} \cdot 85,2 = 0,091.$$

Доля мощности резания, идущая на нагрев заготовки,

$$k_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{N_{\text{рез}}} = \frac{0,091}{0,48} = 0,19.$$

Количество теплоты Q_c , кДж/с, отводимой стружкой определяется по формуле (7):

$$Q_c = C_p \rho V_c \Delta t_{\text{стр}}, \quad (8)$$

где V_c – секундный объём срезаемых стружек, м³/с;

$\Delta t_{\text{стр}} = (t_{\text{стр}} - t_{\text{окр}})$ – нагрев стружки, °C.

Секундный объём срезаемых стружек V_c определяется по формуле:

$$V_c = \frac{V_s b h}{60}, \quad (9)$$

где b – ширина пропила, м.

Секундный объём срезаемых стружек в пробном эксперименте при ширине пропила $b = 2,7$ мм и температуре стружки $t_{\text{стр}} = 63,1$ °C, м³/с:

$$V_c = \frac{0,8 \cdot 0,0027 \cdot 0,023}{60} = 8,28 \cdot 10^{-7}.$$

Количество теплоты отводимой стружкой считаем по формуле (8), кДж/с:

$$Q_c = 2 \cdot 480 \cdot 8,28 \cdot 10^{-7} (63,1 - 21) = 0,0334.$$

Доля мощности резания, идущая на нагрев стружки,

$$k_{\text{стр}} = \frac{Q_c}{N_{\text{рез}}} = \frac{0,0334}{0,48} = 0,07.$$

Таким образом, в данном эксперименте доля теплоты, отводимой заготовкой, составляет 19 %, а доля теплоты, отводимой стружкой, составляет 7 %.

Библиографический список

1. Моисеев А.В. Контактные явления в микрообласти лезвия при резании древесины и их влияние на природу затупления инструмента: авт. дис. ... докт. техн. наук. М., 1981. 36 с.
2. Конов В.Н. Исследование влияния тепловых явлений на работоспособность круглых дереворежущих пил: авт. дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбЛТА, 1979. 26 с.
3. Лейхтлинг Р.А. Исследование нагрева дереворежущего инструмента в процессе резания: авт. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск: Сибирский технолог. ин-т, 1967. 23 с.
4. Пашков В.К. Теплофизика резания древесины круглыми пилами: монография. Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. 311 с.
5. Пашков В.К., Щепочкин С.В. О тепловом балансе процесса резания древесины круглыми пилами // Известия вузов. Лесной журнал. 2009. № 3. С. 101–107.
6. Пашков В.К., Щепочкин С.В. Измерительная система для регистрации температурных полей зуба пилы // Сборник научных трудов факультета МТД. Вып. 1. Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. С. 116–119.
7. Уголев В.Н. Испытания древесины и древесных материалов. М.: Лесн. пром-ть, 1965. 251 с.

УДК 629.11.02+630

С.Б. Якимович, А.В. Мехренцев, М.А. Тетерина
(S.B. Yakimovich, A.V. Mekhrencev, M.A. Teterina)
(УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

E-mail для связи с авторами: jak.55@mail.ru, mehrentsev@yandex.ru,
tetatet-marya@mail.ru

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ДВИЖИТЕЛЬ НА ПРИНЦИПЕ СОВМЕЩЕННОГО ШАГОВИБРОКАЧЕНИЯ

MULTIFUNCTIONAL MOVER ON THE PRINCIPLE OF COMBINED SEGAVERELINE

Представлено описание принципа совмещенного шаговиброкачения и движителя с универсальной дорожной и внедорожной опорно-геометрической проходимостью, реализующего наиболее экономичный режим по удельному расходу топлива и сниженную экологическую нагрузку.

The description of the principle of combined aguirregaray and propulsion from versatile road and off-road support-geometric permeability, implementing the most economical mode in terms of specific fuel consumption and reduced environmental load.

Цель работы – представление принципа шаговиброкачения и нового движителя с универсальной дорожной и внедорожной опорно-геометрической проходимостью для различных микрорельефов и несущих способностей опорных поверхностей. Принцип реализует наиболее экономичный режим удельного расхода топлива и сниженную экологическую нагрузку на природу.